

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-225100

(43)Date of publication of application : 17.08.1999

(51)Int.CI.

H04B 7/08
H01Q 3/26
H04B 1/10

(21)Application number : 10-025420

(71)Applicant : YRP IDOU TSUSHIN KIBAN GIJUTSU
KENKYUSHO:KK
FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 06.02.1998

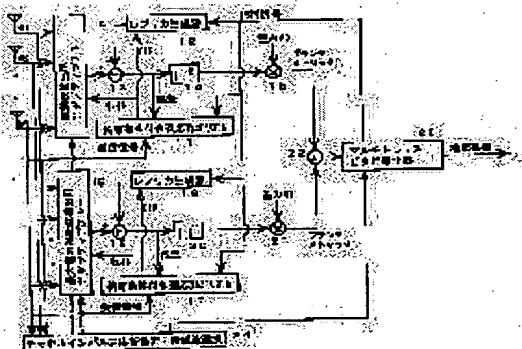
(72)Inventor : FUJII MASAAKI

(54) RECEIVING METHOD AND RECEIVER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To execute efficient reception even for a largely delayed wave by executing system estimation from a direct wave and a selected delayed wave through the use of a Viterbi algorithm with a multi-trellis structure corresponding to the delayed amount of a selected delayed wave.

SOLUTION: An array processing part for extracting a direct wave consists of an adaptive array for extracting a direct array 10 and an adaptive algorithm with a constraining condition 11 to extract the direct wave from the demodulation signal of each array antenna. An array processing part for extracting a maximum power delayed wave consists of an adaptive array for extracting a maximum power delayed wave 16 and an adaptive algorithm with a constraining condition 17 similarly to the array processing part for extracting the direct wave. Then, a channel impulse response is obtained by using a training signal to select the delayed wave of maximum receiving power to extract each path by setting the direct wave and the selected delayed wave as desired waves. Then, a group estimation is executed from the direct wave outputted from the array and the selected delayed wave components.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.02.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2862082

[Date of registration] 11.12.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-225100

(43)公開日 平成11年(1999)8月17日

(51)Int.Cl.⁶
H 04 B 7/08
H 01 Q 3/26
H 04 B 1/10

識別記号

F I
H 04 B 7/08 D
H 01 Q 3/26 C
H 04 B 1/10 L
W

審査請求 有 請求項の数3 O.L (全8頁)

(21)出願番号 特願平10-25420

(22)出願日 平成10年(1998)2月6日

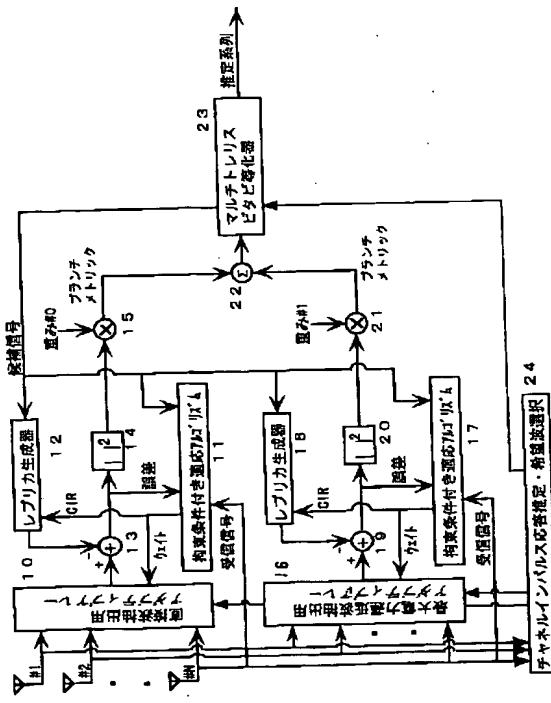
(71)出願人 395022546
株式会社ワイ・アール・ピー移動通信基盤
技術研究所
神奈川県横須賀市光の丘3番4号
(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(72)発明者 藤井 正明
神奈川県横須賀市光の丘3番4号 株式会
社ワイ・アール・ピー移動通信基盤技術研
究所内
(74)復代理人 弁理士 久保田 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 受信方法および受信装置

(57)【要約】

【課題】 到来遅延パスが散在する環境下においても特性の改善されるパスダイバーシチ受信方法および受信装置を提供すること。

【解決手段】 遅延波の中から受信電力の大きな遅延波を選択して、直接波と選択した遅延波を抽出するためのアレー・ウェイトとアレー出力応答を求め、直接波を抽出するステアリングベクタアレー出力と選択した遅延波を抽出するステアリングベクタアレーの出力をプランチメトリック合成を行い、直接波と選択した遅延波に対する候補信号を持つ最尤系列推定器で送信信号系列の推定を行う。この際に、マルチトレリス構造を持つビタビアルゴリズムを使用することにより演算量を増加させることなく受信品質を向上させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 アダプティブアレーアンテナ処理と最尤系列推定処理を結合した受信方法において、各アレーにおける受信信号からチャネルインパルス応答を推定して遅延波プロファイルを計算し、各遅延波の中から最大の電力を持つ遅延波を選択し、直接波とその選択した遅延波をそれぞれ希望波として直接波抽出用のステアリングベクタアレーワイトと選択した遅延波抽出用のステアリングベクタアレーワイトを計算してパスダイバーシチ受信を行い、選択した遅延波の遅延量に対応するマルチトレリス構造を持つビタビアルゴリズムを使用して、直接波と選択した遅延波から系列推定を行うことを特徴とする受信方法。

【請求項2】 下記の(1)から(6)の工程を含む、アダプティブアレーアンテナ処理と判定帰還形最尤系列推定処理を結合した受信方法。

(1) アンテナからの受信信号についてチャネルインパルス応答の推定を行い、遅延波プロファイルを計算する工程。

(2) 各遅延波の中から最大の電力を持つ遅延波を選択する工程。

(3) 直接波および選択された遅延波のインパルス応答をそれぞれのアレー出力における直接波および遅延波成分の応答を決定する拘束ベクトルとし、それぞれのアレーワイトと最尤系列推定器のチャネルインパルス応答を同時に制御かつ推定する工程。

(4) 候補信号に対して直接波抽出用アレーおよび遅延波抽出用のアレーの出力と最尤系列推定器からのレプリカとの誤差をそれぞれ計算する工程。

(5) 品質情報に基づき誤差情報であるプランチメトリックに重み付けをした合成を行って、選択された遅延波の遅延量に対応したマルチトレリス構造を持つ最尤系列推定器を用いて送信信号系列の推定を行う工程。

(6) 最尤系列推定器の各状態毎の生き残りパスに応じてアレーワイトと最尤系列推定器におけるチャネルインパルス応答を同時に更新する工程。

【請求項3】 請求項1あるいは2のいずれかに記載の受信方法を実行する受信手段を備えたことを特徴とする受信装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、受信方法および受信装置に関し、特に、デジタル移動通信や無線LANにおいて問題となるマルチパス対策技術に関し、周波数選択性フェージングを克服することができる受信方法および受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、マルチパス対策技術としてアダプティブアレーアンテナとビタビアルゴリズムを組み合わ

せたパスダイバーシチ受信方式が提案されている。図9は、本発明者が学会(1997 IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications, 12-16 October 1997)において発表した従来例の信号処理内容を示す機能ブロック図である。

【0003】 この技術は、直接波抽出用のステアリングベクタアレーワイトを計算する際に直接波だけでなく1シンボル遅延波に対する候補信号も用意し、また、1シンボル遅延波抽出用のステアリングベクタアレーワイトを計算する際に1シンボル遅延波だけでなく直接波に対する候補信号も用意することにより、他の希望波に対して指向性のナル点を形成せずに希望波成分を取り込み、複数のアレー出力を最尤系列推定器(Maximum Likelihood Sequence Estimation:以下MLSEと記す)においてプランチメトリック合成を行って送信信号系列の推定を行うものである。なお、MLSEについては、例えば「デジタル移動通信のための波形等化技術」1996年6月トリッカ・ス発行、77-100ページに記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記した従来のパスダイバーシチ受信方式において、直接波から数シンボル遅延までの遅延波を全て考慮すると、ビタビアルゴリズムの状態数が増加し、計算量が指数関数的に増加してしまうという問題点があった。従って、希望波は直接波と1シンボル遅延波程度に限られており、直接波と長大遅延波1波だけが到来するような到来バスが散在するような環境においては、パスダイバーシチ効果が得られないといった問題があった。この発明の目的は、前記した従来技術の問題点を解決し、遅延波の遅延量が大きい場合においても精度良く受信可能な受信方法および受信装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明においては、上記の課題を解決するため、トレーニング信号を用いてチャネルインパルス応答の推定を行い、受信電力が最大の遅延波を選択して、直接波とその選択した遅延波とを希望波としてそれぞれのパスを抽出するようにステアリングベクタアレーワイトとその出力応答を計算する。そして、アレーから出力される直接波と選択した遅延波成分からマルチトレリス構造を持つビタビコライザを用いて系列推定を行う。

【0006】 本発明においては、直接波と選択された遅延波以外をアレー処理によって抑圧し、遅延波の遅延量に対応したマルチトレリス構造を持つビタビコライザを用いることにより、遅延波の遅延量が大きい場合においても計算量が増加せず、かつ誤り率も劣化しない受信方式が実現できる。

【0007】

【発明の実施の形態】 以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。図6は、本発明の受信装置のハードウェ

ア構成例を示すブロック図である。アダプティブアレー
アンテナ1には、例えば、4素子から8素子程度のリニア
アレー・アンテナや平面アレー・アンテナ等が使用され
る。線形復調器2は、例えば受信信号を増幅し、周波数
変換し、直交検波して、ベースバンドまでダウンコンバ
ートする。A/D変換器3は、受信ベースバンド信号を
A/D変換する。信号処理部4は、例えばDSP(デジタルシグナルプロセッサ)等により構成され、後述する
ような、本発明に関するアダプティブアレー・アンテナ処
理および最尤系列推定器に関する処理を実行する。

【0008】図1は、図6の信号処理部4における本発
明の信号処理機能を示す機能ブロック図である。また、
図2は、各アンテナにおいて受信される直接波および遅
延波の電力例を示す説明図である。なお、実施例におけ
る信号型式としては、伝送すべきデータ部の前に既知の
トレーニング信号が付加されており、TDMA方式で伝
送されるものとする。

【0009】チャネルインパルス応答推定・希望波選択
部24は、トレーニング期間において、全てのアンテナ
からの受信信号を用いて、各プランチ毎に直接波から數
シンボル遅延波までのチャネルインパルス応答の推定を行
う。また、図2に示すような合成プロファイルを算出し、
遅延波の中で電力が最大のもの、即ち図2の例においては3シンボル遅延波を選択する。

【0010】直接波抽出用アレー処理部は、直接波抽出
用ステアリングベクタアレー10および拘束条件付き適
用アルゴリズム11からなり、各アレー・アンテナの復調
信号から直接波を抽出するように動作する。アダプティ
ブアンテナの制御法としては種々の指導原理が公知である
が、フィードバックタイプが一般的であり、アレー出
力と参照信号との平均2乗誤差が最小となるように適応
アルゴリズムを用いてアレーウェイトを制御すると、指
向性のナル点が遅延波の到来方向に向き、遅延波が抑圧
される。

【0011】アダプティブアンテナに用いられるウェイ
ト決定アルゴリズムとしては、LMS((Least Mean Square)
アダプティブアレー、RLS(Recursive Least Squares)
アダプティブアレーやSMI(Sample Matrix Inversion)ア
レー等がある。なお、このようなアダプティブアンテナ
信号処理方式は、例えば、鷹尾和昭：“アダプティブア
ンテナ理論体系”，信学論(B-II)，Vol. J75-B-II，N
o. 11, pp. 713-720(1992年11月発行)、小川恭孝、菊間
信良：“アダプティブアンテナ理論の進展と今後の展望”，
信学論(B-II)，Vol. J75-B-II, No. 11, pp. 721-
732(1992年11月発行)あるいは、「ディジタル移動通
信のための波形等化技術」1996年6月トリッカ'ス発行、101-
116ページに記載されているように周知である。

【0012】拘束条件付き適用アルゴリズム11として
は、簡易なLMS(Least Mean Square)アルゴリズム、収束
特性の優れるRLS(Recursive Least Squares)アルゴリズ

ム等が使用でき、アレー出力と参照信号との誤差からア
ダプティブアレーのウェイトを制御する。

【0013】最大電力遅延波抽出用アレー処理部は、直
接波抽出用アレー処理部と同様に最大電力遅延波抽出用
ステアリングベクタアレー16および拘束条件付き適用
アルゴリズム17からなる。アルゴリズム17はアルゴ
リズム11と同じものであり、各アレー・アンテナの復調
信号から最大電力遅延波を抽出するように動作する。

【0014】図3は、アレー処理部における動作を示す
説明図である。直接波抽出用アレー10の出力には1、
2、4シンボル遅延波を抑圧して直接波と3シンボル遅
延波成分が出力される。また、最大電力遅延波抽出用ア
レーにおいても、1、2、4シンボル遅延波を抑圧して
3シンボル遅延波および直接波成分が出力される。な
お、図3において実線は直接波抽出用アレーの指向特
性、点線は最大電力遅延波抽出用アレーの指向特性を示
している。

【0015】アレー処理とMLSEの結合処理部は、アレー
出力推定器であるレプリカ生成器12、18およびマル
チトレリスピタビアルゴリズム23等からなる。レプリ
カ生成器12、18は、トランスパーサルフィルタ等を
使用して、求められたチャネルインパルス応答(CIR)
と既知のトレーニング信号あるいは候補信号を疊み込んで
希望波に対する参照信号あるいはレプリカを生成す
る。

【0016】加算器13、19はアレー10、16の出
力からレプリカ生成器12、18の出力を減算し、誤差
信号を出力する。該誤差信号は拘束条件付き適用アルゴ
リズム11、17にそれぞれ入力されると共に、絶対値
2乗計算器14、20に入力される。絶対値2乗計算器
14、20の出力信号は乗算器15、21にそれぞれ入
力され、後述する重み係数#0、#1がそれぞれ乗算され、
それぞれのアレーにおけるプランチメトリックとして
出力される。加算器22はそれぞれの乗算器の出力信
号を加算し、ビタビアルゴリズム23に出力する。ビタ
ビアルゴリズム23は、合成されたプランチメトリックに
に基づいて受信信号系列を推定し、該系列および候補信
号を出力する。

【0017】マルチトレリス構造のビタビアルゴリズム
について説明する。例えばトレーニングモードにおける
パス選択で直接波と3シンボル遅延波のタップを選択した
とすると、受信信号をアレーに通すことにより直接波
と3シンボル遅延波の合成波が得られる。そこで、選択
した2タップの差分、即ち3組だけ最尤系列推定器を用
意して、合成したプランチメトリック系列を各組に順に
並列に振り分ける。例えば最初の組#1には1番目、4
番目、7番目…のプランチメトリックが割り当てられ
る。この割り当てられたプランチメトリックに対応する
アレー出力信号は連続した疊み込み信号となっている。
このため3組の系列推定器として周知のビタビアルゴリ

ズムを使用する場合、ビタビアルゴリズムの状態数を変調多値数に減らすことができ、計算量が大幅に減少する。

【0018】図5は、レプリカ生成器の動作を示す説明図である。ビタビアルゴリズムでは直接波と最大電力遅延波に対する候補信号を発生する。アレー出力レプリカ生成器12、18は、例えばトランスバーサルフィルタにより構成され、直接波および最大電力遅延波（3シンボル遅延波）に相当する候補信号とそれぞれの推定チャネルインパルス応答（図5においては $h^0(k)$ 、 $h^3(k)$ ）とを疊み込んで、各アレー出力に対するレプリカをそれぞれ生成する。

【0019】次に、トレーニング期間における動作を説明する。トレーニング期間においては伝送路のインパルス応答、取り込む遅延波、アレーウェイト、重み係数が決定される。まず、各アンテナからの受信信号を用いて各アンテナ毎に直接波と数シンボル遅延波までのチャネルインパルス応答の推定を行う。そして、各遅延波のチャネルインパルス応答の絶対値の2乗を計算し、各遅延タイミング毎に全てのアンテナでのチャネルインパルス応答の電力の和を計算する。その後、各遅延タイミングの中からチャネルインパルス応答の電力和が最大の遅延タイミングを検出する。図2に示す例においては、各遅延波の電力を比較すると3シンボル遅延波の電力が最大なので、希望波として3シンボル遅延波が選択される。

【0020】次に、直接波のインパルス応答をアレー出力における直接波成分の応答を決定する拘束ベクトルとして、アレーウェイトとアレー出力応答（チャネルインパルス応答）を拘束条件付き最小2乗法を用いて計算する。このときアレー出力応答は直接波だけでなく3シンボル遅延波についても行う。図3に示すように、直接波のインパルス応答を拘束ベクトルとして制御するアレーは直接波と3シンボル遅延波成分を出力し、他の遅延波を抑圧する。

【0021】次に、選択した遅延波のインパルス応答を拘束ベクトルとして、アレーウェイトとアレー出力応答を拘束条件付き最小2乗法を用いて計算する。図3に示すように、このアレーも直接波成分と3シンボル遅延波を出力し、他の遅延波を抑圧する。

【0022】更に、得られたアレーウェイトと出力応答を用いて、トレーニング区間での受信信号を再び用いて誤差信号から累積誤差電力を計算し、トレーニング終了時に累積シンボル数で正規化（除算）して平均誤差電力を求める。そして、直接波のチャネルインパルス応答ベクトルの電力和を計算して、平均誤差電力で除算することにより、アレー出力信号の品質を推定する。選択した遅延波抽出用アレーについてもこの操作を同様に行う。この各パスダイバーシチプランチの推定品質（(SINR)）を用いて、直接波抽出用アレー出力信号と選択した遅延波抽出用アレー出力信号の品質に比例した重み係数#

0、#1を求める。

【0023】データ区間においては、選択した遅延波の遅延タイミングに応じて最尤系列推定用にビタビアルゴリズムのサブセットトレリスを用意する。サブセットトレリス数は選択した遅延波の遅延シンボル数に対応する。即ち遅延シンボル数が3であれば3組のサブセットトレリスを用意する。

【0024】次に、候補信号に対してアレー出力と最尤系列推定器からのレプリカとの誤差を計算する。また、同じ候補信号に対して3シンボル遅延波抽出用のアレーについても同様に行い、誤差を計算する。そして、これらの誤差の絶対値2乗を計算してトレーニングモードにおいて計算したパスダイバーシチ合成係数を用いて、図4に示すように重み付けを行いプランチメトリック合成を行う。

【0025】その後、プランチメトリックを図4に示すようにシリアル-パラレル変換器30によってシリアル-パラレル変換して各サブセットトレリス23に振り分ける。そして、各サブセットトレリス毎にビタビアルゴリズムを用いて送信信号の推定を行う。最後に各ビタビアルゴリズムの推定系列をパラレル-シリアル変換器31によってパラレル-シリアル変換して送信系列を推定する。

【0026】図8は、実施例の構成を示す機能ブロック図である。ここで適応アルゴリズムとしては単拘束LMSアルゴリズムや単拘束SMIアルゴリズムなどを用いることができる。図7は、計算機シミュレーションによる実施例の特性改善例を示すグラフである。縦軸はビット誤り率、横軸は最大電力遅延波の遅延量である。

【0027】条件は変調方式がQPSK、復調方式は準同期検波としている。アルゴリズムはトレーニング期間で単拘束SMIアルゴリズムを用いてアレーウェイトとインパルス応答を求め、トレーニング期間の後尾16シンボルを用いて平均誤差電力を計算する。更にパスダイバーシチ合成用重み係数を求めてデータ区間で用いる。また、アレー出力信号が直接波成分と2シンボル遅延波成分を含んでいたため、マルチトレリスピタビ等化部では、ビタビアルゴリズムを2つ用意し、受信信号系列を交互にシリアル-パラレル変換して独立にビタビアルゴリズムで送信信号を推定する。そのため、ビタビアルゴリズム状態数は4状態のままである。

【0028】また、アンテナ本数は4本としている。到来波の条件は2波とし、第1波を直接波、第2波を遅延波とし、遅延波の遅延時間を0から4シンボルまで変化させている。また、各到来波のフェージングは各アンテナで独立であるとしている。更に、各波の平均電力は等しいとしている。

【0029】以上、実施例を開示したが、更に以下に述べるような変形例も考えられる。実施例としては、アレー処理において直接波および遅延波をそれぞれ取り込ん

でプランチメトリックの合成を行う例を開示したが、本発明の実施においてはプランチメトリック合成処理は必須の構成要素ではなく、例えば直接波抽出用のアレーのみを備え、誤差をプランチメトリックとしてマルチトレリスピタビアルゴリズム処理を行うようにしても効果がある。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、受信電力の大きい遅延波を希望波とすることができるため従来方式と比べて更に大きなパスダイバーシチ利得を得ることができ、伝送品質向上に寄与するところが大きい。

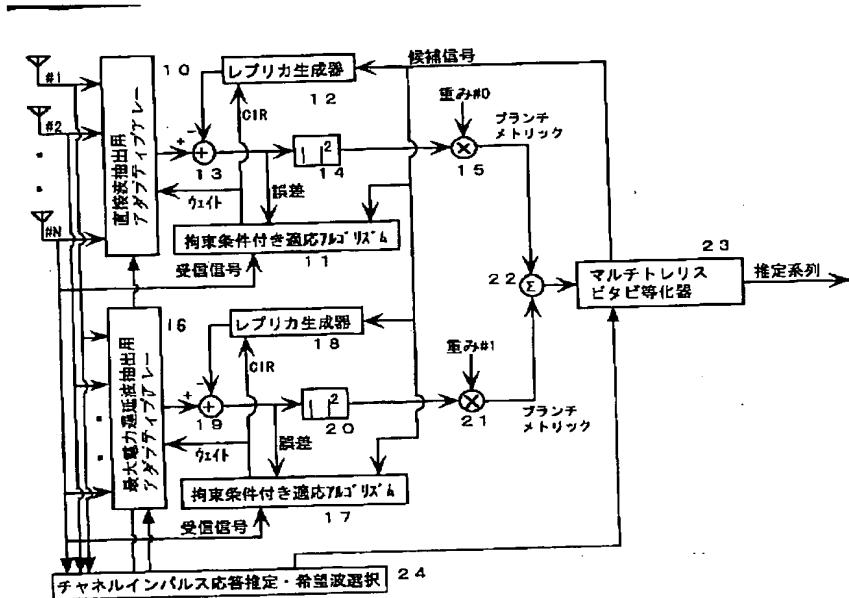
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の信号処理機能を示す機能ブロック図である。

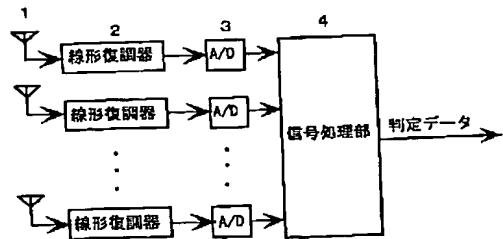
【図2】受信される直接波および遅延波の電力例を示す説明図である。

【図3】アレー処理部における動作を示す説明図である

【図1】



【図6】



る。

【図4】プランチメトリック合成処理を示す機能ブロック図である。

【図5】レプリカ生成器の動作を示す説明図である。

【図6】本発明の受信装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図7】実施例の特性改善例を示すグラフである。

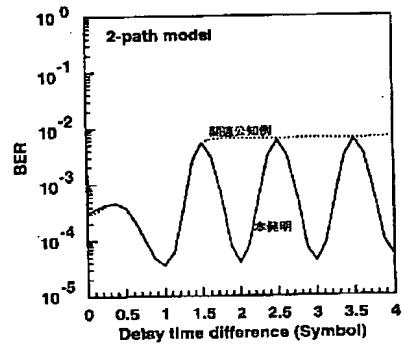
【図8】実施例の構成を示す機能ブロック図である。

【図9】従来例の信号処理内容を示す機能ブロック図である。

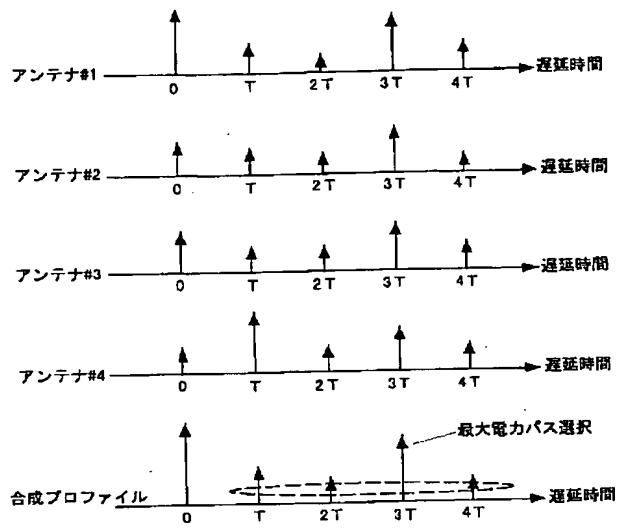
【符号の説明】

1…アレーランテナ、2…線形復調器、3…A／D変換器、4…信号処理部、10、16…アダプティブアレー処理部、11、17…適応アルゴリズム、12、18…レプリカ生成器、13、19…加算器、14、20…絶対値2乗計算器、15、21…乗算器、22…加算器、23…マルチトレリスピタビ等化器

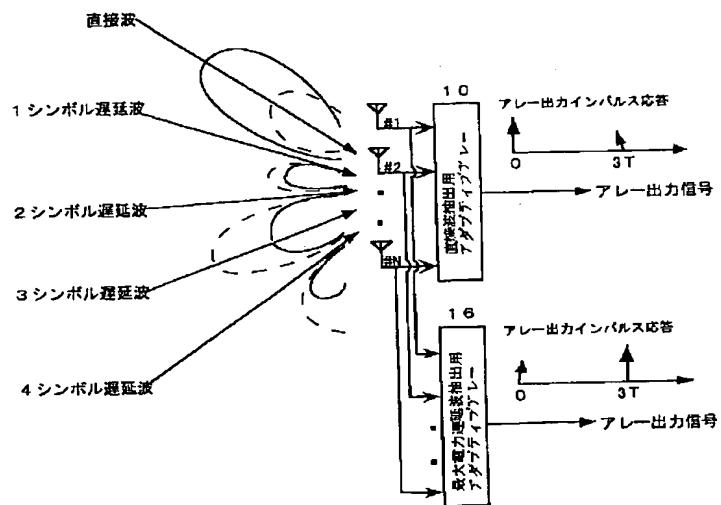
【図7】



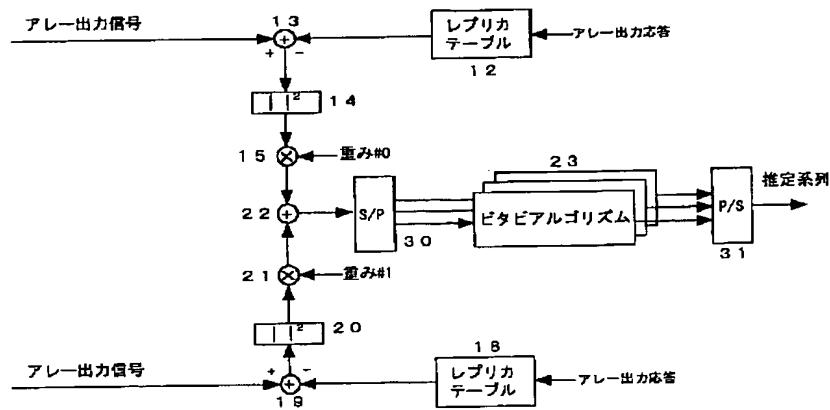
【図2】



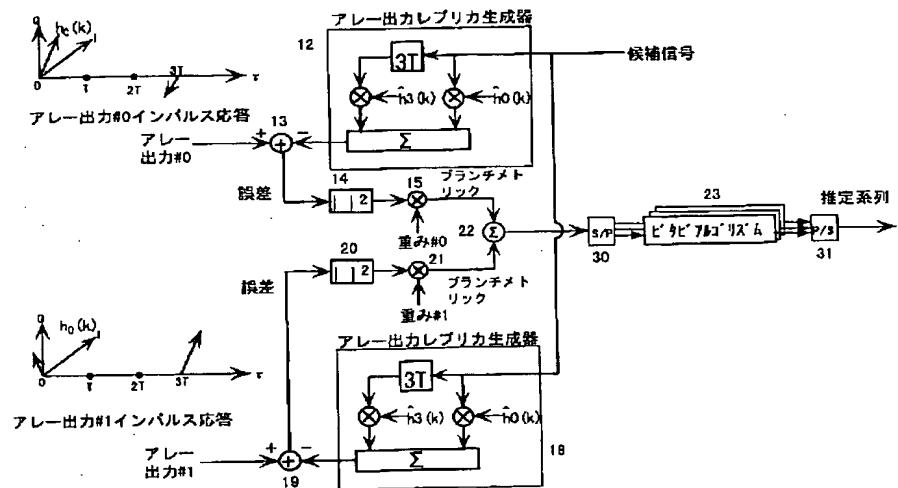
【図3】



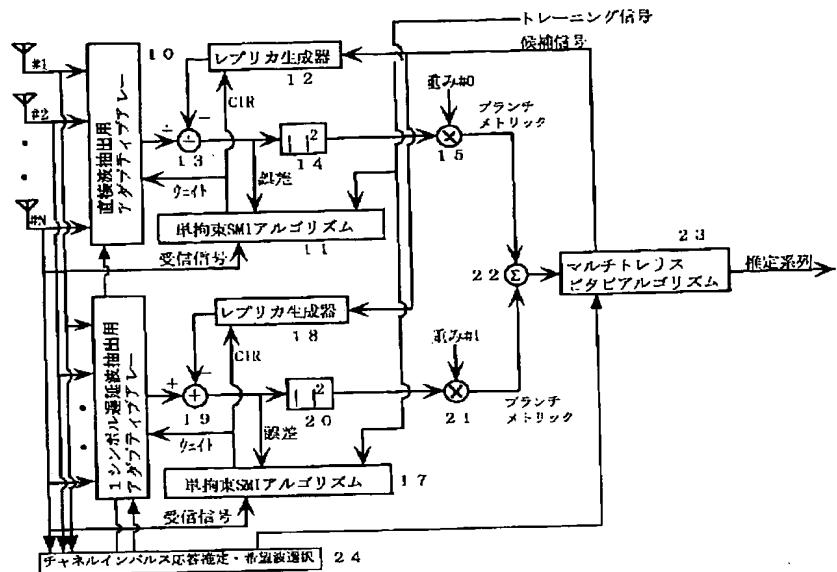
【図4】



【図5】



【図8】



【図9】

